

D2  
19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 40 36 537 C1

51 Int. Cl. 5:  
F 02 M 25/07

DE 40 36 537 C1

21 Aktenzeichen: P 40 36 537.9-13  
22 Anmeldetag: 16. 11. 90  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 7. 11. 91

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

71 Patentinhaber:  
Krause, Artur, 7437 Westerheim, DE

74 Vertreter:  
Schuster, G., Dipl.-Ing.; Thul, L., Dipl.-Phys.,  
Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart.

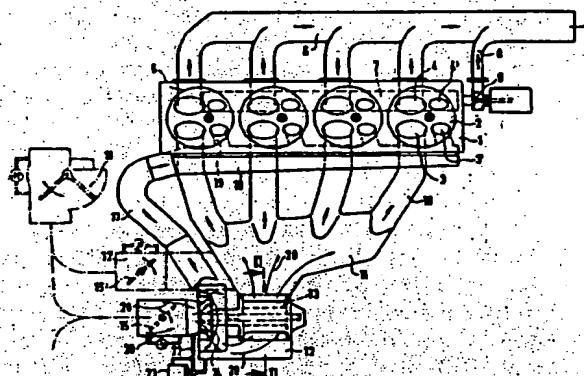
72 Erfinder:  
gleich Patentinhaber

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 31 38 332 A1  
DE 31 37 454 A1

54 Verfahren zur Abgasrückführung in einer Viertaktbrennkraftmaschine und Viertaktbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens

55 Verfahren zur Abgasrückführung in einer Viertaktbrennkraftmaschine mitnockenwellengesteuerten Ein- und Auslaßventilen, bei welchem der Frischluftmenge eines Zylinders (2) Verbrennungsabgase eines früheren Verbrennungsvorgangs hinzugefügt werden, wobei zur Erzielung einer wirkungsvollen, schadstoffreduzierenden, die Motorleistung aber nicht mindernden Abgasrückführung, die noch unter hohem Druck stehenden Verbrennungsabgase jedes Verbrennungsvorganges mindestens teilweise einer Abgasdruckkammer (7) zugeführt, zwischengespeichert und anschließend mindestens teilweise aus der Abgasdruckkammer (7) der Frischluftladung eines Zylinders (2), diese vorverdichtet, hinzugefügt werden (Fig. 1).



BEST AVAILABLE COPY

DE 40 36 537 C1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abgasrückführung in einer Viertaktbrennkraftmaschine nach der Gattung des Patentanspruchs 1 und eine Viertaktbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens gemäß Patentanspruch 10.

Bei derartigen Verfahren zur Abgasrückführung in Viertaktbrennkraftmaschinen werden die beim Verbrennungsvorgang entstehenden Verbrennungsabgase zumindest teilweise in den Verbrennungsraum zurückgeführt, einerseits um im Abgas noch vorhandene unverbrannte Brennstoffanteile und Rußpartikel (bspw. beim Dieselmotor) nachzuverbrennen und andererseits um den Verbrennungsvorgang im Hinblick auf eine Schadstoffreduzierung zu optimieren. Üblicherweise werden die zurückgeführten Verbrennungsabgase hierbei in die Frischluftzuführleitungen eingeleitet, von wo sie gemeinsam mit der Frischluft dem Verbrennungsraum zugeführt werden. Bei Hubkolbensauggmotoren wird die Zufuhr von Frischluft bzw. Frischluft-Brennstoffgemisch durch den durch die Kolbenbewegung entstehenden Unterdruck im Zylinder des Hubkolbens bewirkt. Dadurch, daß die rückgeführten Abgase in die Ansaugleitung geleitet werden, wird anstelle von reiner Frischluft oder Frischluftbrennstoffgemisch nun ein Gemisch von Frischluft bzw. von Frischluft und Brennstoff und Abgas in den Zylinder angesaugt. Die für die Verbrennung zur Verfügung stehende angesaugte Frischluft ist daher um den Anteil an Verbrennungsabgasen verringert, wodurch die Leistung der Brennkraftmaschine entsprechend vermindert wird.

Es ist zwar bekannt (DE-PS 31 38 332), Verbrennungsabgase nicht in die Frischluftzuführleitung, sondern direkt in den ansaugenden Zylinder zu leiten, hierbei wird jedoch das zugeführte Abgas aus der Abgasleitung eines anderen Zylinders entnommen, welches sich gerade im Ausschiebetakt befindet, so daß die Druckentlastung des Abgases zum überwiegenden Teil in die Abgasleitung erfolgt und in der Zuführleitung zum ansaugenden Zylinder kein ausreichender Abgasdruck erzeugt wird. Es ist vielmehr damit zu rechnen, daß das schnell ausströmende Abgas Frischluft aus dem ansaugenden Zylinder absaugt, sofern nicht Rückschlagventile vorgesehen werden. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß zwischen allen Zylindern lange Abgasleitungen erforderlich sind, die eine Reihe konstruktiver Probleme mit sich bringen.

Dieser Nachteil ist auch bei einem anderen bekannten Verfahren zur Abgasrückführung bei Brennkraftmaschinen gegeben (DE-OS 31 37 454), welches die oben beschriebenen Druckprobleme dadurch zu vermeiden versucht, daß in den Abgasleitungen zwischen den einzelnen Zylindern kurbelwellengesteuerte Drehschieber vorgesehen sind. Derartige Drehschieber sind darüber hinaus schwer abzudichten, zumal in der aggressiven und heißen Abgasatmosphäre.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Abgasrückführung in einer Viertaktbrennkraftmaschine anzugeben, wodurch eine wirkungsvolle, schadstoffreduzierende Abgasrückführung ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Einrichtung zum einen durch das erfundungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 und zum anderen durch die erfundungsgemäße Viertaktbrennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 10, die der Durchführung des Verfahrens dient,

gelöst.

Ziel der Erfindung ist es weiterhin, die Frischluftmenge in den Verbrennungsräumen weiter zu erhöhen. Diesbezügliche erfundungsgemäße Ausgestaltungen für eine Viertaktbrennkraftmaschine sind in den Unteransprüchen dargelegt.

Das erfundungsgemäße Verfahren zur Abgasrückführung hat den Vorteil, daß zwischen den Zylindern der Viertaktbrennkraftmaschine keine Abgasleitungen erforderlich sind, vielmehr wird durch die Zwischenspeicherung des ausgestoßenen Abgases die gewünschte Abgasmenge demselben Zylinder wieder zugeführt, von welchem sie ausgestoßen wurden. Dies bedeutet, daß das erfundungsgemäße Verfahren auch bei nur einen Zylinder aufweisenden Viertaktbrennkraftmaschinen einsetzbar ist. Dadurch, daß die zwischengespeicherte Abgasmenge in einer Druckkammer zwischengespeichert wird, ist es möglich, den bereits mit Frischluft gefüllten Zylinder zusätzlich mit Abgas zu füllen, so daß die Frischluftmenge durch den Abgasanteil nicht vermindert und die Leistung der Viertaktbrennkraftmaschine nicht verringert wird. Hierfür werden die in der Druckkammer zwischengespeicherten Verbrennungsabgase erst gegen oder nach Ende des Frischluftfüllungsvorganges dem Verbrennungsraum wieder zugeführt, wobei die vorhandene Frischluft vorverdichtet wird.

Der Zeitpunkt der Abgaszufuhr in den Zylinder aus der Druckkammer kann nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindungnockenwellengesteuert erfolgen, wobei die Brennkraftmaschine bevorzugt je Zylinder ein zusätzliches Auslaßventil aufweist, welches die Verbindung zwischen Zylinder und Druckkammer öffnet und schließt. Die Nockenwelle kann hierbei mit zwei Nocken ausgestattet sein, so daß dasselbe Ventil sowohl für die Be- als auch für die Entladung der Druckkammer dient. Durch diese Ausgestaltung ist eine sehr genaue Steuerung des Zufuhrzeitpunkts der Abgase möglich. Zudem werden keine zusätzlichen Einrichtungen zur Steuerung benötigt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Druck in der Abgasdruckkammer regelbar. Hierdurch läßt sich einerseits ein unerwünschter Überdruck in der Abgasdruckkammer vermeiden und andererseits die dem Zylinder zuzuführende Abgasmenge bestimmen. Diese Regelung kann entweder elektronisch oder bei Brennkraftmaschinen mit drosselklappengesteuerter Vergasereinrichtung auch in Abhängigkeit von der Drosselklappenstellung erfolgen.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die Abgasdruckkammer gekühlt, wodurch der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine erhöht und Überhitzungen vermieden werden können.

Die erfundungsgemäße Viertaktbrennkraftmaschine, die der Durchführung des Verfahrens dient, weist eine in den Zylinderkopf integrierte und von Kühlkanälen umgebene Abgasdruckkammer zur Zwischenspeicherung der Verbrennungsabgase mit einem weiterennockenwellengesteuerten Auslaßventil auf, welches eine Verbindungsleitung zwischen Zylinder und Abgasdruckkammer öffnet und schließt. Die erfundungsgemäße Viertaktbrennkraftmaschine weist keine gravierenden Veränderungen gegenüber üblichen Brennkraftmaschinen auf, den das Vorsehen weiterer Ein- und Auslaßventile ist mittlerweile weitgehend gebräuchlich. Darüber hinaus ist lediglich eine geänderte Nockenwelle und ein um die Abgasdruckkammer ergänzter Zylinderkopf erforderlich. Eine Umstellung der Produktion ist daher

einfach und mit geringem Kostenaufwand möglich.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, ist eine Frischluftdruckkammer vorgesehen, die von einem Verdichter mit Luft versorgt wird, welche gegen oder nach Ende des Frischluftansaugtaktes der Viertaktbrennkraftmaschine dem mit Frischluft gefüllten Zylinder zusätzlich zugeführt wird. Durch diese Ausgestaltung wird die für den Verbrennungsvorgang zur Verfügung stehende Frischluftmenge durch Vorverdichtung weiter erhöht.

Gemäß einer Weiterbildung dieser Merkmale weist jeder Zylinder der Viertaktbrennkraftmaschine mindestens ein weiteresnockenwellengesteuertes Einlaßventil auf, welches eine Verbindungsleitung zwischen Frischluftdruckkammer und Zylinder öffnet und schließt. Durch diese Ausgestaltung wird die Zufuhr der unter Druck stehenden zusätzlichen Frischluft auf geeignete Weise ermöglicht, wobei der Zuführzeitpunkt über die Nockenwelle exakt bestimmbar ist.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind alle Zylinder aus einer gemeinsamen Frischluftdruckkammer mit Frischluft versorgbar. Hierdurch wird der konstruktive Aufwand verringert und gleiche Druckverhältnisse für alle Zylinder gewährleistet.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Frischluftdruckkammer ein regelbares Ladedruckventil auf. Hierdurch kann die zusätzlich zugeführte Frischluftmenge dem Bedarf angepaßt werden. Das Ladedruckventil wird hierbei bevorzugt elektronisch oder bei Viertaktbrennkraftmaschinen mit drosselklappengesteuerter Vergasereinrichtung auch über die Drosselklappenstellung geregelt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist für die Frischluftzufuhr zum Verdichter und zu den Frischluftsaugleitungen eine gemeinsame Frischluftsaugleitung vorgesehen. Hierdurch ist eine einfache Messung der gesamten, einem Zylinder zur Verfügung gestellten Frischluftmenge möglich, und zwar bevorzugt dadurch, daß die Drosselklappe und gegebenenfalls der Luftpumengenmesser in der gemeinsamen Frischluftsaugleitung angeordnet sind.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird der Verdichter von einer mit diesem drehfest verbundenen, im Abgasstrom der Brennkraftmaschine angeordneten Turbine angetrieben. Durch diese Ausgestaltung wird die im Abgas vorhandene Energie zur Aufladung der Brennkraftmaschine ausgenutzt. Im Gegensatz zu bekannten Abgasturboladern wird die vorverdichtete Frischluft jedoch nicht direkt dem Zylinder zugeführt, sondern, wie oben beschrieben, in der Frischluftdruckkammer zwischengespeichert. Dies hat den Vorteil, daß die erfindungsgemäße Viertaktbrennkraftmaschine weiterhin als Saugmotor arbeitet und die Zylinder über die Frischluftleitungen Frischluft ansaugen und gegen oder nach Ende des Ansaugtaktes zusätzlich mit vorverdichteter Frischluft versorgt werden. Die bei bekannten Abgasturboladern auftretende Drehmomentschwäche im unteren Drehzahlbereich aufgrund der zu geringen Abgasgeschwindigkeit und der langen Luftwege ist bei der erfindungsgemäßen Viertaktbrennkraftmaschine nicht vorhanden.

Nach einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird der Verdichter von einem mit diesem drehfest verbundenen in der Luftsaugleitung des Zylinders angeordneten Ladeluftläufer (Zellenrad) angetrieben. Auch bei dieser Ausgestaltung treten keine Drehmomentschwächen im unteren Drehzahlbereich auf. Der als Zellenrad ausgebildete Ladeluftläufer wird durch die vom

Zylinder angesaugte Frischluft in Umdrehungen versetzt und bewegt dadurch den drehfest mit ihm verbundenen Verdichter. Der Verdichter saugt dadurch zusätzlich Frischluft an, welche vorverdichtet und in der Frischluftdruckkammer so lange zwischengespeichert wird, bis gegen oder nach Ende des Ansaugtaktes das Einlaßventil zwischen Frischluftdruckkammer und Zylinder öffnet. Auch hierbei wird also eine unter Druck stehende Frischluftmenge dem Zylinder zusätzlich hinzugefügt und dadurch die Leistung der Viertaktbrennkraftmaschine erhöht.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Verdichter und Ladeluftläufer strömungsmäßig parallel zueinander angeordnet. Verdichter und Ladeluftläufer saugen dabei aus einer gemeinsamen Luftsaugleitung Frischluft an, wobei die Luftleitungen stromab des Verdichters und des Ladeluftläufers getrennt sind. Alle Zylinder werden hierbei bevorzugt über einen gemeinsamen Ladeluftläufer mit Frischluft versorgt, so daß der Ladeluftläufer und mit ihm der Verdichter durch die abwechselnden Ansaugtakte der einzelnen Zylinder permanent in Umdrehung gehalten werden. Hierdurch werden nachteilige Druckwellen vermieden und eine gleichmäßige Befüllung der Zylinder aus der Saugleitung gewährleistet.

Nach einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist der Verdichter dem Ladeluftläufer strömungsmäßig vorgeschaftet, so daß der Verdichter gleichzeitig die Frischluftdruckkammer und den Ladeluftläufer mit Frischluft versorgt. Hierdurch ergibt sich eine besonders hohe Verdichterdrehzahl und eine Vorverdichtung der vom Ladeluftläufer angesaugten Frischluft.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind alle Leitungen im Hinblick auf Resonanzschwingungen optimiert. Hierdurch können beispielsweise durch die Kolbenbewegung auftretende Druckwellen zusätzlich zur Füllung der Zylinder verwendet werden.

Ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Viertaktbrennkraftmaschine mit Abgasdruckkammer und Frischluftdruckkammer in schematischer Darstellung.

Fig. 2 ein Detail aus Fig. 1 in gemäß Linie II-II geschmitten Darstellung.

Fig. 3 ein Steuerdiagramm für die Abgasrückführung.

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Viertaktbrennkraftmaschine mit Frischluftdruckkammer in schematischer Darstellung.

Fig. 5 ein Detail aus Fig. 4 in gemäß Linie V-V geschmitten Darstellung.

Fig. 6 ein Steuerdiagramm der Frischluftaufladung.

Die in Fig. 1 dargestellte Viertaktbrennkraftmaschine weist einen Motorzylinderkopf 1 mit vier Arbeitszylindern 2 sowie je Arbeitszylinder 2 zwei Einlaßöffnungen 3 und zwei Auslaßöffnungen 4 auf. Die zugehörigen Ein- und Auslaßventile sind selbst nicht dargestellt.

Jeder der vier Arbeitszylinder 2 steht über eine Abgasleitung 5 mit dem Auspuffkrümmer 6 in Verbindung, an welchen sich eine gebräuchliche, nicht dargestellte Auspuffanlage anschließt. Neben diesem ersten Abgasweg steht jeder Arbeitszylinder 2 über die zweite Auslaßöffnung 4' mit einer im Motorzylinderkopf 1 integrierten Abgasdruckkammer 7 in Verbindung. Diese Abgasdruckkammer 7 steht andererseits über eine Abgasleitung 8, in welcher ein regelbares Druckventil 9 angeordnet ist, mit dem Auspuffkrümmer 6 in Verbindung.

Des Weiteren ist jeder Arbeitszylinder 2 über seine erste Einlaßöffnung 3 mit den Frischluftsaugleitungen 10 verbunden, welche sich zu einer gemeinsamen Frischluftsaugkammer 11 verbinden. Diese Frischluftsaugkammer 11 verjüngt sich stromauf der Ansaugströmung zu einer Frischluftansaugleitung 12, in welcher ein als Zellenrad ausgebildeter Ladeluftläufer 13 drehbar gelagert ist. Noch weiter stromauf ist in der Frischluftsaugleitung 12 ein als Turbine ausgebildeter und mit dem Ladeluftläufer 13 auf einer gemeinsamen Achse drehfest verbundener Verdichter 14 angeordnet, dessen Saugseite stromaufwärts weisend ausgerichtet ist. Noch weiter stromaufwärts ist in der Frischluftansaugleitung 12 eine Drosselklappe 15 und ein Luftpumengenmesser 16 angeordnet.

Auf der Druckseite des Verdichters 14 zweigt eine Frischluftdruckleitung 17 stromungsparallel zu den Frischluftsaugleitungen 10 ab, welche andererseits in eine Frischluftdruckkammer 18 mündet. Die Frischluftdruckkammer 18 ist ihrerseits über Frischluftleitungen 19 mit der zweiten Einlaßöffnung 3' eines jeden Arbeitszylinders 2 verbunden.

In Fig. 1 ist gestrichelt eine alternative Frischluftsaugleitung 12' eingezeichnet, welche keinen Ladeluftläufer und keinen Verdichter aufweist, sondern lediglich eine Drosselklappe 15' und einen Luftpumengenmesser 16'. Diese Darstellung bezieht sich auf eine erfundungsgemäße Variante, bei der lediglich die Abgasrückführung mit Saugluftvorverdichtung, nicht jedoch die Frischluftaufladung realisiert ist.

Zwischen Saugseite und Druckseite des Verdichters 14 ist eine über ein Regelbares Ventil 21 verschließbare Bypass-Leitung 22 vorgesehen als Druckausgleichseinrichtung. Alternativ hierzu kann die Frischluftdruckkammer 18 ein Regelbares Ladedruckventil (nicht dargestellt) aufweisen.

In Fig. 2 ist der in der Frischluftsaugleitung 12 angeordnete Ladeluftläufer 13 in einem vertikalen Schnitt dargestellt. Hierbei ist zu erkennen, daß der als Zellenrad ausgebildete Ladeluftläufer 13 die gemeinsame Frischluftsaugkammer 11 der Arbeitszylinder 2 von der Frischluftsaugleitung 12 abtrennt, so daß der Ladeluftläufer 13 bei bestehender Druckdifferenz zwischen Frischluftsaugkammer 11 und Frischluftsaugleitung 12 in Umdrehungen versetzt wird. Die Frischluftströmung ist hier wie in Fig. 1 durch Pfeile 20 angedeutet. Pfeil 20' kennzeichnet die Richtung der dadurch hervorgerufenen Umdrehung des Ladeluftläufers 13.

Das in Fig. 3 dargestellte Steuerdiagramm zeigt die Öffnungs- und Schließpunkte der Ein- und Auslaßventile relativ zur Kolbenbewegung. Mit OT ist der obere, mit UT der untere Totpunkt bezeichnet. Das dargestellte Steuerdiagramm bezieht sich lediglich auf die Abgasrückführungsfunktion entsprechend der gestrichelten Darstellung in Fig. 1. Mit EO ist der Öffnungszeitpunkt und mit ES der Schließzeitpunkt des Einlaßventils bezeichnet, mit AO das Öffnen des Auslaßventils und mit AS das Schließen des Auslaßventils. Mit AG0 und AGs ist das Öffnen bzw. das Schließen des zusätzlichen Auslaßventils gekennzeichnet, welches die Verbindung zwischen Arbeitszylinder 2 und Abgasdruckkammer 7 steuert. Mit AG0' und AGs' ist ein zweiter Öffnungs- und Schließzyklus des zusätzlichen Auslaßventils gekennzeichnet, der gegenüber dem ersten Zyklus um eine Kurbelwellenumdrehung verschoben ist.

Das gemäß dem Steuerdiagramm von Fig. 3 bei EO öffnende Einlaßventil eines Arbeitszylinders 2 der Vier-taktbrennkraftmaschine bewirkt die Freigabe der Ein-

laßöffnung 3 des Arbeitszylinders 2, so daß bei Bewegung des im Arbeitszylinder 2 angeordneten Hubkolbens vom oberen Totpunkt OT zum unteren Totpunkt UT über die Frischluftsaugleitungen 10 durch den entstehenden Unterdruck Frischluft angesaugt wird. Während dieses Ansaugtaktes öffnet bei AG0 das zweite Auslaßventil, so daß Abgas aus der Abgasdruckkammer 7 zusätzlich zu der angesaugten Frischluft in den Arbeitszylinder 2 gedrückt wird und die Frischluft vorverdichtet. Bei ES und AGs schließen das Einlaßventil und das zusätzliche Auslaßventil gleichzeitig, im dargestellten Beispiel kurz nach dem unteren Totpunkt UT. Im anschließenden Verdichtungstakt und im daran anschließenden Arbeitstakt bleiben alle Ventile geschlossen, bis bei AO das erste Auslaßventil und bei AG0' kurz danach das zweite Auslaßventil öffnen und das unter hohem Druck stehende Abgas einerseits in die Abgasdruckkammer 7 und andererseits in den Auspuffkrümmer 6 strömt. Bei AGs' schließt das zweite Auslaßventil, während das erste Auslaßventil erst bei AS, also nach dem oberen Totpunkt OT schließt.

Die dargestellten Schließ- und Öffnungszeiten der Ventile sind nur als Beispiele zu verstehen. Andere Schließ- und Öffnungszeiten sind ebenfalls möglich, insbesondere die Verlegung des Öffnungszeitpunktes AG0 des zusätzlichen Auslaßventils im Ansaugtakt hinter den unteren Totpunkt UT, um eine vollständige Füllung des Arbeitszylinders 2 mit Frischluft zu gewährleisten. Ebenso ist es möglich, den Öffnungszeitpunkt AG0' des zweiten Auslaßventils vor den Öffnungszeitpunkt des ersten Auslaßventils AO zu legen, um einen höheren Abgasdruck in der Abgasdruckkammer 7 zu erreichen. Die Schließzeitpunkte der Auslaßventile sind dann jeweils entsprechend nach hinten zu verlegen.

Die in Fig. 4 dargestellte Variante der erfundungsgemäßen Brennkraftmaschine weist keine Abgasdruckkammer auf, um die Wirkungsweise der Frischluftdruckkammer 118 zu verdeutlichen, kann aber ebenfalls mit einer erfundungsgemäßen Abgasrückführung kombiniert werden. Die Auslaßöffnungen 104 der im Motorzylinderkopf 101 angeordneten Arbeitszylinder 102 verbinden wiederum über nicht dargestellte Auslaßventile die Arbeitszylinder 102 mit dem schematisiert dargestellten Auspuffkrümmer 103. Jeder Arbeitszylinder 102 weist wie bei der ersten Variante zwei Einlaßöffnungen 103 auf, welche den Arbeitszylinder 102 einerseits mit Frischluftsaugleitungen 110 und einer gemeinsamen Frischluftsaugkammer 111 und andererseits über die zweite Einlaßöffnung 103' mit der Frischluftdruckkammer 118 verbinden. Die gemeinsame Frischluftsaugkammer 111 verjüngt sich wiederum stromauf der Saugströmung zu einer Frischluftansaugleitung 112, in welcher stromungsparallel und gegeneinander drehfest ein Ladeluftläufer 113 und ein Verdichter 114 auf einer gemeinsamen Achse drehbar gelagert sind. Noch weiter stromauf ist in der Luftsaugleitung 112 wiederum eine Drosselklappe 115 und ein Luftpumengenmesser 116 vorgesehen. Gestrichelt eingezeichnet ist eine Variante der Luftsaugleitung 112 ohne Luftpumengenmesser 116, wobei die Luftsaugleitung zu einem nicht dargestellten Vergaser führt.

Sirnab der Drosselklappe 115 teilt sich die Frischluftsaugleitung 112 in zwei parallele Abschnitte auf, wobei im ersten Abschnitt der Ladeluftläufer 113 und im zweiten Abschnitt der Verdichter 114 mit seiner Saugseite stromaufweisend angeordnet ist. Auf der Druckseite des Verdichters 114 mündet der zweite Abschnitt der Frischluftsaugleitung 112 in die Frischluftdruck-

leitung 117, welche andererseits mit der Frischluftdruckkammer 118 verbunden ist. Zwischen Saug- und Druckseite des Verdichters 114 ist wiederum eine über ein Regelbares Ventil 121 steuerbare By-pass-Leitung 122 vorgesehen. Alternativ kann auch hier die Frischluftdruckkammer 118 mit einem Ladedruckventil (nicht dargestellt) versehen sein.

Fig. 5 zeigt wiederum als Detaildarstellung den als Zellenrad ausgebildeten Ladeluftläufer 113, welcher die Frischluftansaugleitung 112 gegen die gemeinsame Frischluftsaugkammer 111 abtrennt, so daß der Ladeluftläufer 113 durch die Druckdifferenz zwischen Frischluftsaugkammer 111 und Frischluftansaugleitung 112 und die dadurch in Richtung der Pfeile 120 hervorgerufene Frischluftströmung in Umdrehungen versetzt wird.

Das in Fig. 6 dargestellte Steuerdiagramm gibt die Schließ- und Öffnungspunkte der Ein- und Auslaßventile relativ zur Kolbenbewegung an. Mit OT ist wiederum der obere und mit UT der untere Totpunkt des Hubkolbens gekennzeichnet. Bei Eö öffnet und bei Es schließt das erste Einlaßventil, während das zusätzliche zweite Einlaßventil bei ELö öffnet und bei ELs schließt. Bei Aö öffnet und bei As schließt das Auslaßventil. In dem dargestellten Beispiel öffnet das erste Einlaßventil kurz vor OT, das zweite Einlaßventil kurz vor UT, also gegen Ende des Ansaugtaktes. Das erste Einlaßventil schließt bei UT, das zweite Einlaßventil kurz nach UT, so daß eine zusätzliche Luftfüllung des Arbeitszylinders bei gleichzeitiger Ladedruckerhöhung bewirkt wird. Die Schließ- und Öffnungszeiten sind wiederum als Beispiel zu verstehen, insbesondere kann der Öffnungszeitpunkt des zweiten Einlaßventils hinter den Schließzeitpunkt des ersten Einlaßventils verlegt werden.

Entsprechend der kombinierten Funktion gemäß Fig. 1 mit Abgasrückführung und Frischluftausladung sind auch die Steuerdiagramme von Fig. 6 und Fig. 3 zu kombinieren. Auf eine Darstellung wird aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Das Prinzip der Ladeluftausladung besteht darin, daß durch die Zwangsbewegung des Ladeluftläufers 13, 113 der Verdichter 14, 114 ebenfalls in Drehung versetzt wird, woraus sich eine zusätzliche Saugleistung in die Frischluftdruckkammer 18, 118 ergibt, wo diese Frischluft solange zwischengespeichert wird, bis das entsprechende Einlaßventil öffnet. Bei den herrschenden Druckverhältnissen sind Umdrehungszahlen des Ladeluftläufers 13, 113 und damit des Verdichters 14, 114 in der Größenordnung von 100 000 Umdrehungen pro Minute zu erwarten. Aufgrund der gemeinsamen Luftsaugkammer 11, 111 aller Arbeitszylinder 2, 102 ist eine fortwährende Drehung des Ladeluftläufers 13, 113 und des Verdichters 14, 114 gewährleistet, so daß vorteilhaftweise das Auftreten von Druckwellen zumindest verringert wird. Ebenso wird eine gleichmäßige und permanente Befüllung der Frischluftdruckkammer 18, 118 gewährleistet, so daß bereits bei geringen Drehzahlen den Zylindern 2, 102 eine zusätzliche Luftmenge zur Verfügung gestellt und damit die Motorleistung erhöht werden kann. Dasselbe gilt für die Variante gemäß Fig. 1.

Eine weitere, nicht dargestellte Variante besteht darin, anstelle eines Ladeluftläufers eine Abgasturbine im Abgasweg der Brennkraftmaschine vorzusehen, welche den Verdichter 14 bzw. 114 antreibt. Der Antrieb des Verdichters 14 bzw. 114 ist hierbei entsprechend bekannter Abgasturboläder vorgesehen, wobei jedoch die geförderte Luftmenge in der Frischluftdruckkammer 18 bzw. 118 zwischengespeichert und der über die paralle-

len Frischluftansaugleitungen 12, 112 angesaugten Frischluft erst gegen oder nach Ende des Saughubs des jeweiligen Arbeitszylinders 2 bzw. 102 diesem hinzugefügt wird.

Die Bypass-Leitungen 22, 122 oder die wahlweise in der Frischluftdruckkammer 18 bzw. 118 vorgesehenen Ladedruckventile dienen dazu, die zusätzlich hinzugefügte Frischluftmenge zu regeln und insbesondere bei Lastwechsel einen schnellen Druckausgleich zu ermöglichen. Die Funktionen von Drosselklappe 15, 115 und Luftpengenmesser 16, 116 sind entsprechend bekannter Vorrichtungen, da die gesamte den Arbeitszylindern 2, 102 zugeführte Frischluftmenge erfaßt wird. Erforderlichenfalls können Luftpengenmesser, aber auchstrom-ab des Ladeluftläufers 13, 113 und des Verdichters 14, 114 vorgesehen werden.

Es ist auch möglich, den Ladeluftläufer 13 und den Verdichter 14 gemäß Fig. 1 ohne Frischluftdruckkammer 18 und zugehörige Verbindungsleitung 17 zu verwenden, da durch das Zusammenwirken mehrerer Zylinder über die gemeinsame Frischluftsaugkammer 11 auch hierbei schon eine Erhöhung der Frischluftladung der einzelnen Zylinder 2 zu erwarten ist.

Die Frischluftdruckkammer 18, 118 kann ebenso wie die Abgasdruckkammer 7 im Motorzylinderkopf 1, 101 integriert sein. Zur Steuerung der zusätzlichen Ein- und Auslaßventile kann jeweils die bereits vorhandene Nockenwelle verwendet werden, indem auf dieser zusätzliche Nocken vorgesehen sind, oder aber eine getrennte Nockenwelle mit entsprechender Nockenanordnung. Für die Steuerung des zusätzlichen Auslaßventils ist hierbei auf der Nockenwelle eine Doppelnocke erforderlich, da das zusätzliche Auslaßventil während einer Nockenwellenumdrehung zweimal öffnen und schließen muß, um beim ersten Zyklus die Abgasdruckkammer zu füllen und beim zweiten Zyklus das gespeicherte Abgas an den Arbeitszylinder wieder abzugeben.

#### Bezugszahlenliste

- 40 1, 101 Motorzylinderkopf
- 2, 102 Arbeitszylinder
- 3, 103 Einlaßöffnung
- 4, 104 Auslaßöffnung
- 5, 105 Abgasleitung
- 6, 106 Auspuffkrümmer
- 7, 107 Abgasdruckkammer
- 8, 108 Abgasleitung
- 9, 109 Abgasdruckventil
- 10, 110 Frischluftansaugleitung
- 11, 111 Frischluftsaugkammer
- 12, 112 Frischluftansaugleitung
- 13 Ladeluftläufer
- 14, 114 Verdichter
- 15, 115 Drosselklappe
- 16, 116 Luftpengenmesser
- 17, 117 Frischluftdruckleitung
- 18, 118 Frischluftdruckkammer
- 19, 119 Frischluftleitung
- 20, 120 Strömungspfeil
- 21, 121 Ventil
- 22, 122 By-pass-Leitung
- OT oberer Totpunkt
- UT unterer Totpunkt
- 65 Aö, As Öffnungs- und Schließpunkt des Auslaßventils  
Eö, Es Öffnungs- und Schließpunkt des Einlaßventils  
AGö, AGs Öffnungs- und Schließpunkt des zusätzlichen Auslaßventils

ELö, ELs Öffnungs- und Schließpunkt des zusätzlichen Einlaßventils

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abgasrückführung in einer Vieraktbrennkraftmaschine mitnockenwellengesteuerten Ein- und Auslaßventilen, wobei der Frischluftmenge eines Zylinders Verbrennungsabgase eines früheren Verbrennungsvorgangs hinzugefügt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die noch unter hohem Druck stehenden Verbrennungsabgase jedes Verbrennungsvorganges mindestens teilweise einer Abgasdruckkammer (7) zugeführt, zwischengespeichert und anschließend mindestens teilweise aus der Abgasdruckkammer (7) der Frischluftladung eines Zylinders (2), diese vorverdichtend, hinzugefügt werden. 10

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zufuhr der Verbrennungsabgase aus der Abgasdruckkammer (7) in den Zylinder (2) gegen Ende des Frischluftfüllungsvorganges erfolgt, bei einer Hubkolbenbrennkraftmaschine also in der Nähe des unteren Totpunkts. 20

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zufuhr der Verbrennungsabgase aus der Abgasdruckkammer (7) in den Zylinder (2) nach beendigtem Frischluftfüllungsvorgang stattfindet bei einer Hubkolbenbrennkraftmaschine also bei oder nach dem unteren Totpunkt. 25

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitpunkt der Abgaszufuhr aus der Druckkammer (7) in den Zylinder (2) nockenwellengesteuert ist. 30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgaszufuhr aus dem Zylinder (2) in die Druckkammer (7) nockenwellengesteuert erfolgt. 35

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Abgasdruckkammer (7) regelbar ist. 40

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Abgasdruckkammer (7) elektronisch geregelt ist. 45

8. Verfahren nach Anspruch 6 zur Abgasrückführung bei einer Brennkraftmaschine mit drosselklappengesteuerter Vergasereinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Abgasdruckkammer (7) über die Drosselklappenstellung geregelt ist. 50

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasdruckkammer (7) gekühlt wird. 55

10. Vieraktbrennkraftmaschine mit mindestens einem nockenwellengesteuerte Ein- und Auslaßventile für die Zuführung von Frischluft und die Abführung der Verbrennungsabgase über eine Abgasleitung aufweisenden Arbeitszylinder zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abgasdruckkammer (7) zur Zwischenspeicherung von Verbrennungsabgasen vorgesehen ist sowie mindestens ein weiteres nockenwellengesteuertes Auslaßventil, welches eine Verbindungsleitung zwischen Zylinder (2) und Abgasdruckkammer (7) öffnet und schließt. 60

11. Vieraktbrennkraftmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasdruckkammer (7) in den Motorzylinderkopf (1) integriert und

von Kühlkanälen umgeben ist.

12. Vieraktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasdruckkammer (7) mit einem regelbaren Ladedruckventil (9) ausgestattet ist, welches die Abgasdruckkammer (7) bei Überschreiten eines Sollwertes in den normalen Abgasweg drückentlastet. 15

13. Vieraktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 12 mit mehreren Zylindern, dadurch gekennzeichnet, daß eine gemeinsame Abgasdruckkammer (7) für alle Zylinder (2) vorgesehen ist. 20

14. Vieraktbrennkraftmaschine mit mindestens einem nockenwellengesteuerte Ein- und Auslaßventile für die Zuführung von Frischluft aus einer Luftansaugleitung und die Abführung der Verbrennungsabgase über eine Abgasleitung aufweisenden Arbeitszylinder, insbesondere nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Frischluftdruckkammer (18, 118) vorgesehen ist, die von einem Verdichter (14, 114) mit Frischluft versorgt wird, welche vorverdichtete Frischluft gegen oder nach Ende des Frischluftansaugtaktes der Vieraktbrennkraftmaschine dem mit Frischluft gefüllten Zylinder (2) zusätzlich zugeführt wird. 25

15. Vieraktbrennkraftmaschine nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Zylinder (2, 102) der Vieraktbrennkraftmaschine mindestens ein weiteres nockenwellengesteuertes Einlaßventil aufweist, welches eine Verbindungsleitung (19, 119) zwischen Frischluftdruckkammer (18, 118) und Zylinder (2, 102) öffnet und schließt. 30

16. Vieraktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 14 oder 15 mit mehreren Zylindern, dadurch gekennzeichnet, daß alle Zylinder (2, 102) aus einer gemeinsamen Frischluftdruckkammer (18, 118) mit vorverdichteter Frischluft versorgbar sind. 35

17. Vieraktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischluftdruckkammer (18, 118) ein regelbares Ladedruckventil aufweist. 40

18. Vieraktbrennkraftmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Ladedruckventil elektronisch regelbar ist. 45

19. Vieraktbrennkraftmaschine nach Anspruch 17 mit drosselklappengesteuerter Vergasereinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß das Ladedruckventil über die Drosselklappenstellung regelbar ist. 50

20. Vieraktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß für die Frischluftzufuhr zum Verdichter (14, 114) und zur Frischluftsaugleitung (10, 110) des Zylinders eine gemeinsame Frischluftansaugleitung (12, 112) vorgesehen ist. 55

21. Vieraktbrennkraftmaschine nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselklappe (15, 115) und gegebenenfalls der Luftmengenmesser (16, 116) in der gemeinsamen Frischluftansaugleitung (12, 112) angeordnet sind. 60

22. Vieraktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der die Druckkammer (18, 118) mit Frischluft versorgende Verdichter (14, 114) von einer mit diesem drehfest verbundenen im Abgasweg der Brennkraftmaschine angeordneten Turbine angetrieben wird. 65

23. Vieraktbrennkraftmaschine nach einem der

Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdichter (14, 114) von einem mit diesem drehfest verbundenen in der Frischluftsaugleitung (10, 110) des Zylinders angeordneten Ladelufläufer (13, 113) (Zellenrad) angetrieben wird.

24. Viertaktbrennkraftmaschine nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß Verdichter (14) und Ladelufläufer (113) strömungsmäßig parallel zueinander angeordnet sind.

25. Viertaktbrennkraftmaschine nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdichter (14) dem Ladelufläufer (13) strömungsmäßig vorgeschaltet ist und der Verdichter (14) gleichzeitig die Frischluftdruckkammer (18) und den Ladelufläufer (13) mit Frischluft versorgt.

26. Viertaktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 23 bis 25 mit mehreren Zylindern, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladelufläufer (13, 113) in einer gemeinsamen Frischluftsaugkammer (11, 111) aller Zylinder (2) angeordnet ist.

27. Viertaktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß alle Leitungen (10, 110, 11, 111, 12, 112, 17, 117) im Hinblick auf Resonanzschwingungen optimiert sind.

28. Viertaktbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 27 dadurch gekennzeichnet, daß der Verdichter (14, 114) über eine ventilgesteuerte By-pass-Leitung (22, 122) kurzschießbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

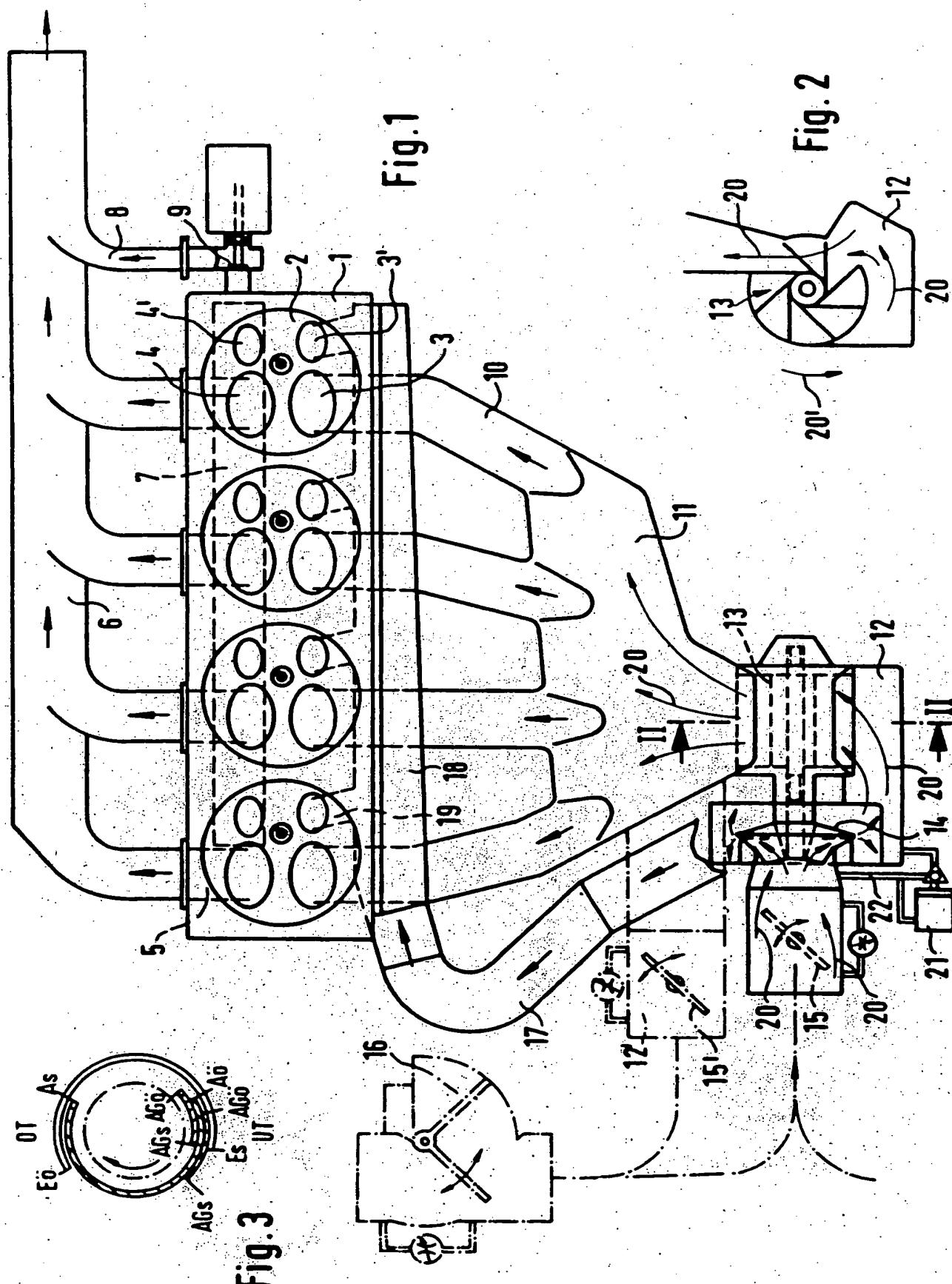


Fig. 4

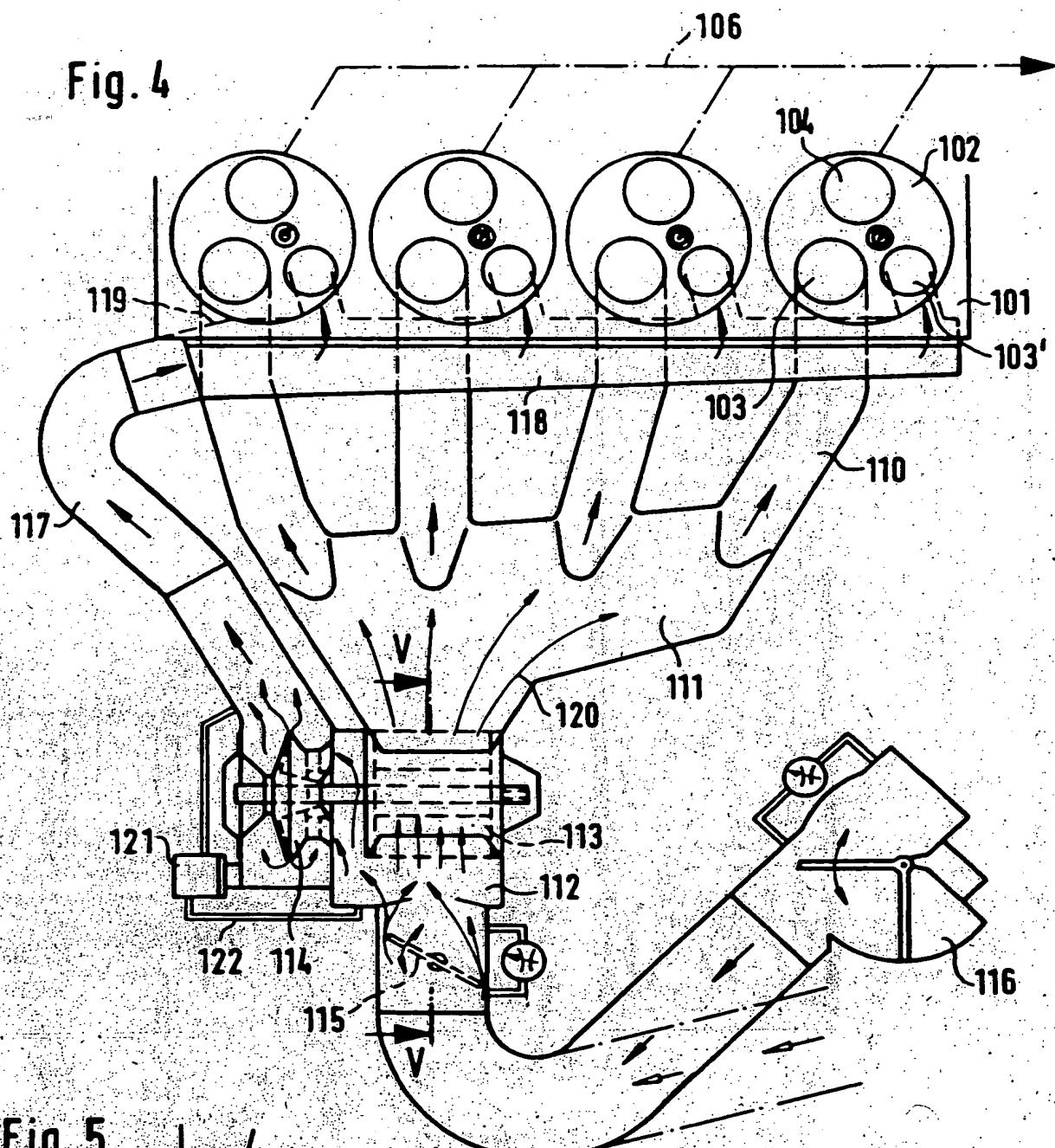


Fig. 5

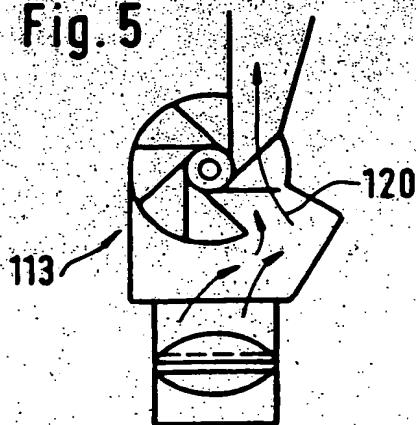
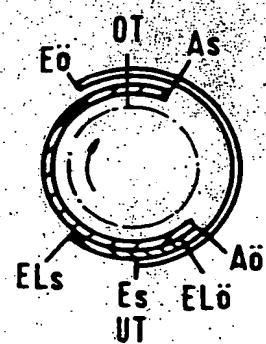


Fig. 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**